

УДК 616.152:546.3]-074

## К ПРОБЛЕМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА

*В.И.Федоров*

*Институт лазерной физики СО РАН,  
630090, Новосибирск, пр.Лаврентьева, 13/3  
fed@laser.nsc.ru*

Поступила в редакцию 24 марта 2005 г.

Автор предлагает классификацию макро- и микроэлементов по степени их изученности в физиологии и биохимии. На фактическом материале автор обсуждает приемлемость применения методов рентгено-флуоресцентного анализа и спектрального анализа с индуктивно связанной плазмой для создания удовлетворительной методики, позволяющей определять за одну аналитическую процедуру содержание в сыворотке крови максимально возможного числа химических элементов<sup>1</sup>.

**Федоров Вячеслав Иванович – профессор, доктор биологических наук, заведующий лабораторией биофизики Института лазерной физики СО РАН.**

**Область научных интересов: интегративная физиология.**

**Автор около 150 научных публикаций и 4 учебных пособий.**

Роль различных химических элементов и, в частности, микроэлементов в физиологической деятельности организма и в поддержании здоровья неоспорима. Последние необходимы для обеспечения процессов роста, развития, размножения, лактации, кроветворения и других. От их содержания в организме зависит иммунная активность. Они обеспечивают минеральный обмен и принимают участие в регуляции всех видов обмена веществ. Часть из них являются регуляторами активности ферментов, другие входят в состав ферментов, гормонов, витаминов и других физиологически активных веществ, третьи являются коферментами. При этом одни из них влияют на образование координационного комплекса «фермент-субстрат», другие принимают непосредственное участие в каталитической функции.

Несмотря на такую важность для организма, в физиологии и биохимии до настоящего времени нет четкого представления о конкретной физиологической значимости очень многих микроэлементов и о количественном содержании их в различных средах организма в норме и патологии, а существующие сведения слабо систематизированы. Длительное время исследование микроэлементов носило случайный характер. Следствием всего этого является парадоксальное для

<sup>1</sup>Статья написана по материалам доклада, сделанного автором на VII Конференции «Аналитика Сибири и Дальнего Востока-2004», состоявшейся в г. Новосибирске с 11 по 15 октября 2004 года.

медицины положение, когда при установленной этиологии (дефицит или избыток каких-либо микроэлементов) не ясен патогенез заболевания, что отметили А.П.Авцын с соавторами при описании микроэлементозов человека [1]. Такое положение связано с отсутствием адекватных методов определения подавляющего большинства микроэлементов в сыворотке крови.

Общее число химических элементов, содержащихся в организме человека, точно не установлено, и в различных монографиях приводятся разные цифры: от 60 до 81 [1-4]. В ряде монографий (см., например, [5]) пишется о том, что, согласно предположению В.И.Вернадского, живой организм в своем составе содержит все элементы земной коры. Однако Вернадский писал следующее: «все химические элементы менделеевской таблицы, по-видимому, закономерно охвачены живым веществом» [6]. Но под живым веществом он понимал «совокупность всех живых организмов, в данный момент существующих» [7]. Его учениками отмечено, что в различных организмах могут быть разные элементы [8] и что химический элементный состав отдельных видов организмов изменчив и зависит от условий среды [3].

Тем не менее, изучая химический элементный состав морских организмов и проанализировав литературные данные по химическому составу различных организмов, А.П.Виноградов предположил, что в организмах следует ожидать присутствия всех химических элементов и их изотопов, встречающихся в земной коре [8]. Полагаю, что организм человека не должен быть исключением, однако этот вопрос требует специального исследования. Например, относительно недавно утверждалось, что хром и никель не способны переходить из минералов в растения, а стало быть и в организм человека [9].

О масштабе изучаемости вопроса о минеральном обмене по сравнению с другими разделами физиологии можно судить по данным РЖ «Физиология человека и животных», издаваемом ВИНТИ. Типичное количество реферируемых за год статей по минеральному и водно-солевому обмену (куда включаются работы по поступлению в организм макро- и микроэлементов, их клиренсу и метаболизму, регуляции обмена, методам анализа, патологическим отклонениям) составляет около 140. Для сравнения приведем такой активно разрабатываемый отдел физиологии как кровообращение. Типичное количество реферируемых за год статей здесь составляет около 4500.

Статьи по минеральному и водно-солевому обмену составляют 4,5 % от общего количества

реферируемых статей по обмену веществ. С учетом того, что существует четыре основных типа обмена: белковый, липидный, углеводный и минеральный и что они должны изучаться равномерно, бионеорганическая составляющая биохимии должна быть усилена по меньшей мере в 5 раз.

Недостаточность физиологических представлений и ограниченные методические возможности сдерживают познание роли микроэлементов в различных заболеваниях и диагностическую оценку того или иного содержания их в организме. Даже в самом обстоятельном справочнике по клинической лабораторной диагностике приведены сведения, имеющие диагностический характер, лишь о 14 макро- и микроэлементах [10], в более раннем издании того же справочника, увидевшем свет 18-ю годами раньше – об 11 из них [11]. Все приведенные цифры красноречиво показывают современное состояние этого вопроса.

В связи с изложенным, все макро- и микроэлементы можно разделить на пять групп по степени их изученности.

К первой группе можно отнести те элементы, физиологические функции которых достаточно хорошо известны. Это - калий, натрий и кальций. Сюда же можно отнести и хлор, но физиологическая роль его не столь ясна. Считается, что хлор является одним из основных осмотически активных веществ и вторичен по отношению к натрию. Однако показано, что он принимает самостоятельное участие в регуляции активности ангиотензинпревращающего фермента, тогда как натрий влияет на активность предыдущего фермента этого биохимического каскада.

Ко второй группе можно отнести те элементы, физиологические функции которых изучены менее обстоятельно. Это - магний, фосфор, медь, железо и цинк.

В третью группу отнесем элементы, о которых в физиологической литературе имеются ограниченные сведения об отдельных функциях. Это - селен, сера, фтор, йод, марганец, кобальт.

К четвертой группе отнесем те элементы, о которых известно, что при высоких концентрациях они вызывают различную патологию органов и систем организма (алюминий, бром, литий, бериллий, кремний), либо токсичны и регистрируются при токсических концентрациях (ртуть, свинец, кадмий, хром, сурьма, никель, мышьяк, олово, таллий, ванадий). В данном случае токсичность одних и патогенность других – практически одно и то же. О физиологической значимости этих элементов практически ничего не известно.

К пятой группе отнесем элементы, о которых

лишь известно, что они присутствуют в организме. Общее число их окончательно не установлено и различно по данным разных авторов.

Характерно, что степень физиологической изученности макро- и микроэлементов напрямую связана с их содержанием в сыворотке крови и с соответствующими содержанию методическими возможностями. Так, методы определения элементов, составляющих первую группу, являются рутинными, хорошо воспроизводимыми и широко распространены, в том числе и в физиологических лабораториях. Эти элементы имеют наивысшее содержание в сыворотке крови: от 80 (кальций) до 3335 мг/л (натрий). В этот ранжир концентраций попадают хлор, а также сера, отнесенная к третьей группе.

Определение элементов, отнесенных ко второй группе, возможно лишь в специализированных лабораториях. Однако физиологические нормативы, сообщаемые разными авторами, в целом совпадают. Содержание этих элементов в сыворотке крови находится в пределах от 0,5 (железо) до 40 (фосфор) мг/л.

Для элементов, отнесенных в третью группу, четкие нормативы их содержания в сыворотке крови отсутствуют. По современным представлениям содержание йода и селена находится в районе 100 мкг/л. Такое же содержание отмечено и для алюминия, ртути, брома и кремния, отнесенных нами к четвертой группе. В этот ранжир концентраций вписываются также некоторые элементы пятой группы, о физиологической значимости которых мало что известно. Это бор, барий и стронций. Определение же марганца и кобальта проводится на пределе чувствительности методов. Их нормативами признаются значения в районе 1 мкг/л.

Нормативы остальных элементов, отнесенных к четвертой группе, являются условными и составляют 0,04 - 0,5 мкг/л. Что касается элементов, отнесенных к пятой группе, то, за исключением вышеперечисленных, содержание остальных в сыворотке крови человека должно находиться в пределах 0,005 - 0,05 мкг/л.

Степень изученности различных макро- и микроэлементов и, соответственно, степень доступности их для анализа, отражаются и в количестве статей, посвященных каждому из них. Об этом можно судить по числу зарегистрированных в базе данных информационно-поисковой системы "PubMed", являющейся наиболее обстоятельной по биологии и медицине, статей, опубликованных за 40 лет по различным биологическим и медицинским аспектам исследования макро-

и микроэлементов. В табл. 1 представлены выборочные данные о ряде элементов.

Таблица 1

Число зарегистрированных в базе данных информационно-поисковой системы "PubMed" статей, опубликованных за 40 лет и посвященных различным биологическим и медицинским аспектам исследования макро- и микроэлементов (выборочные данные)

Элемент	Количество зарегистрированных статей
Кальций	317559
Натрий	297981
Калий	154129
Железо	91047
Магний	69585
Цинк	59356
Фосфор	52693
Медь	50096
Марганец	21574
Кадмий	19287
Селен	15113
Молибден	5751
Висмут	5017
Вольфрам	1460

Как видно из табл. 1, распределение элементов по количеству статей, посвященных им, полностью совпадает с представленной выше классификацией. Автор отдает себе отчет в условности этой классификации. Однако достоинство всех классификаций в том, что они дают в интегрированном виде пищу для размышления тем исследователям, которые к этому способны. Наша классификация отличается от той, что предложил В.В.Ковальский, тоже исходя из изученности и значения химических элементов в организме [3].

Если для элементов, отнесенных к первой и второй группам, нормативы содержания в сыворотке крови здорового человека являются четко установленными, то нормативы элементов, отнесенных к третьей и четвертой группам, как уже было выше отмечено, условны. Об этом свидетельствует эволюция их значений. Здесь имеется три тенденции: 1. уменьшение ранее приводимых нормативов на порядок; 2. смещение уточненных данных к верхней или нижней границе ранее установленной нормы; 3. смещение верхней границы ранее установленной нормы к первоначальной нижней с соответствующим уменьшением нижней границы нормы. Таким образом, даже при изменении нормативов менее, чем на порядок возникает вопрос: считать ли прежнюю нор-

му патологией? В табл. 2 приведены выборочные данные, отражающие эти тенденции.

Таблица 2

Прежние и нынешние нормативы содержания некоторых микроэлементов (мкг/л) в сыворотке крови здорового человека (по данным разных авторов)

Элемент	Значения	Нижняя граница нормы	Верхняя граница нормы
Висмут	Прежние	0,1	3,5
	Новые	< 0,007	0,067
Ванадий	Прежние	0,1	0,9
	Новые	0,056	0,066
Кобальт	Прежние	0,11	0,45
	Новые	0,048	0,168
Хром	Прежние	0,04	0,43
	Новые	0,08	0,24
Селен	Прежние	46	143
	Новые	110	150

Следует отметить, что установившаяся практика оценки микроэлементного статуса организма по волосам [12] является порочной, так как волосы представляют собой канал экскреции микроэлементов из организма. Экскреция может быть пониженной или усиленной в силу направленной регуляции или патологических изменений в организме и не обязательно отражать избыток или дефицит элементов в организме. Поэтому только сыворотка крови может однозначно отображать ситуацию, складывающуюся в организме с минеральным обменом, и потому является важнейшим диагностическим показателем.

В настоящее время в арсенале исследовательских и клинических лабораторий имеется только три рутинных метода определения макро- и микроэлементов в сыворотке крови человека: пламенная фотометрия (позволяет определять натрий, калий и хлор), атомно-абсорбционная спектрометрия (позволяет определять кальций, магний, медь, железо, фосфор и цинк) и различные типы вольтамперометрии (позволяют определять селен, кобальт, свинец, медь и цинк). Таким образом, практически реально определяемыми являются только элементы, отнесенные к первой и второй группам. В клинических биохимических лабораториях до сих пор процветает колориметрия. Но, в силу неселективности, результаты, получаемые этим методом, в большинстве своем сомнительны.

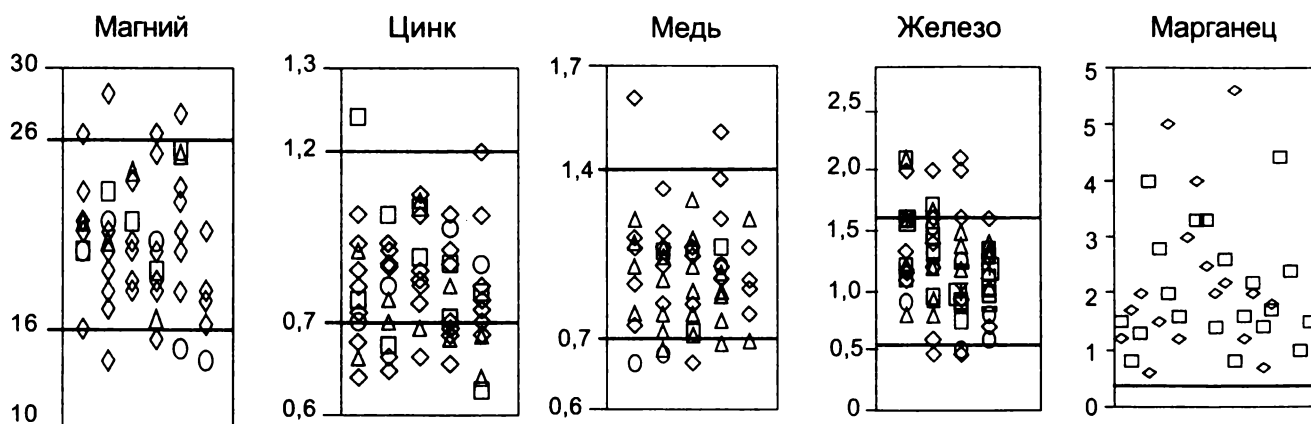
Все остальные элементы могут быть доступны для нейтронно-активационного анализа, по-

скольку пределы обнаружения отдельных микроэлементов этим методом анализа вполне приемлемы. Однако исследования микроэлементного статуса организма с помощью этого метода ограничены трудоемкостью процедур и неэкономичностью затрат на анализы.

В последнее время появились публикации о попытках исследователей применить различные варианты спектрометрии синдуктивно связанной плазмой для определения отдельных элементов или для увеличения диапазона определяемых микроэлементов в сыворотке крови и других биологических объектах [13-16]. Степень развития этих исследований различна. Сами авторы отмечают недостаточную приемлемость разрабатываемых ими методов для клинического применения. Однако этот метод получает все более широкое распространение как в научных, так и в диагностических исследованиях и претендует на категорию удовлетворительного метода, позволяющего определять за одну аналитическую процедуру содержание в сыворотке крови представительного числа макро- и микроэлементов.

Еще один метод, претендующий на определение как можно большего числа элементов в сыворотке крови, - рентгено-флуоресцентный анализ. Оба метода предназначены для одномоментного определения целой группы элементов. В связи с этим встает проблема необходимого уровня достоверности такого анализа. Еще одной проблемой является точность такого анализа. Это наглядно видно из личной практики автора, который, будучи физиологом, контактировал с различными аналитическими лабораториями с целью определения содержания макро- и микроэлементов в пробах сыворотки крови человека.

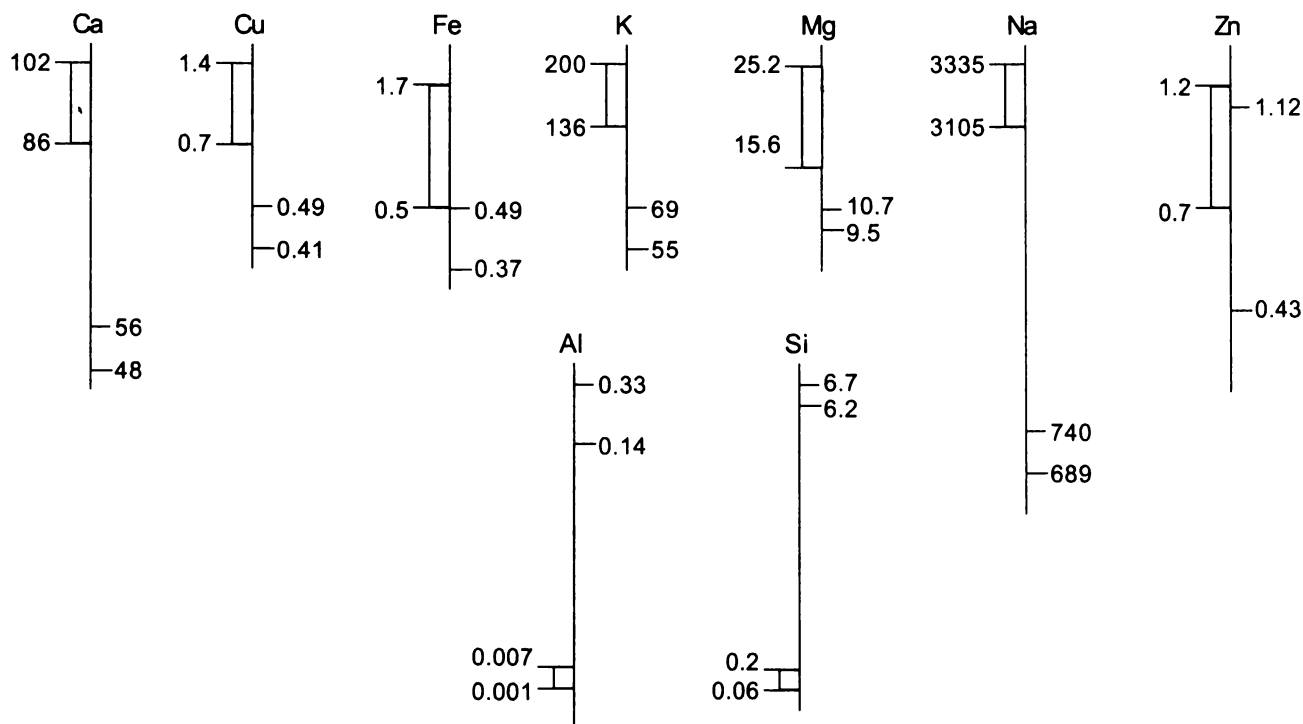
Атомно-абсорбционная спектрометрия хорошо зарекомендовала себя и обеспечивает попадание в границы нормы значений, получаемых при анализе сыворотки крови здорового человека. Регистрируемые этим методом отклонения от нормы имеют клиническое подтверждение. Метод достоверен для определения таких элементов, как кальций, магний, медь, цинк, фосфор, железо. Однако попытки применить его для определения марганца успехом не увенчались, так как самые низкие получаемые цифры на порядок выше верхней границы нормы, установленной с помощью нейтронно-активационного анализа [10]. По-видимому, существует проблема фона, завышающего получаемые значения. Результаты исследования сыворотки крови 50 различных лиц методом атомно-абсорбционной спектрометрии приведены на рис. 1.



**Рис. 1.** Содержание магния, цинка, меди, железа (в мг/л) и марганца (в мкг/л) в сыворотке крови 50 различных лиц, определенное методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Жирными чертами отмечены нормативные значения

Обращение в лабораторию, занимающуюся рентгено-флуоресцентным анализом различных биологических образцов, успеха не принесло, так как из 29 элементов, которые были определены, только 8 соответствовали околонормативным значениям. Ими оказались железо, кадмий, кобальт, медь, молибден, селен, цинк и цирконий. По остальным элементам были получены цифры, не совместимые с жизнью, которые были либо намного выше (алюминий, ванадий, кремний, литий, марганец, никель, ниобий, олово, свинец, фосфор, хром), либо намного ниже (барий, калий,

кальций, магний, натрий, рубидий, стронций, титан) нормальных значений. Кроме того, были определены вольфрам и тантал, нормативы содержания которых в сыворотке крови не установлены. На рис. 2 приведены наиболее характерные значения, полученные при анализе проб сыворотки крови, взятой у двух разных лиц. При этом параллельные пробы по элементам, имевшим околонормативные значения, показали удовлетворительное совпадение, тогда как по остальным было значительное расхождение.



**Рис. 2.** Содержание некоторых микроэлементов в сыворотке крови, полученное рентгено-флуоресцентным методом. Цифры слева – верхние и нижние границы нормы (выделены точечной штриховкой), цифры справа – полученные значения у двух доноров. Содержание в мг/л

В табл. 3 в качестве иллюстрации приведены значения концентрации цинка (совпадение) и

алюминия (расхождение), полученные при анализе параллельных проб.

Таблица 3

Значения, полученные методом рентгено-флуоресцентного анализа при анализе параллельных проб

Определяемый элемент	Нормативы содержания в сыворотке крови человека	Параллельные пробы	1-й донор	2-й донор
Цинк (мг/л)	0,7 – 1,2	1-я	1,12	0,43
		2-я	1,02	0,39
Алюминий (мкг/л)	1 - 7	1-я	334	145
		2-я	291	117

Первая попытка исследования пробы сыворотки крови методами масс-спектрометрии (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС-ИСП) с индуктивно связанной плазмой в аттестованной лаборатории показала, что необходимы разработка методики пробоподготовки и работа по повышению достоверности определения большинства элементов, поскольку из 23 определяемых элементов только 5 (калий, медь, кремний, барий, ртуть) соответствовали нормативным значениям. Остальные были либо намного выше,

либо намного ниже нормы, что также не совместимо с жизнью. При этом совпадение результатов при масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии было только по двум элементам (железо и магний). Обнаружилось, что для двух элементов (цинк и барий) детектирование двумя разными типами спектрометрии дает диаметрально отличающиеся результаты: в одном случае выше, в другом – ниже нормы. Кобальт и никель оказались не определимы, хотя их нормативы находятся в пределе чувствительности метода. Результаты этого анализа приведены на рис. 3.

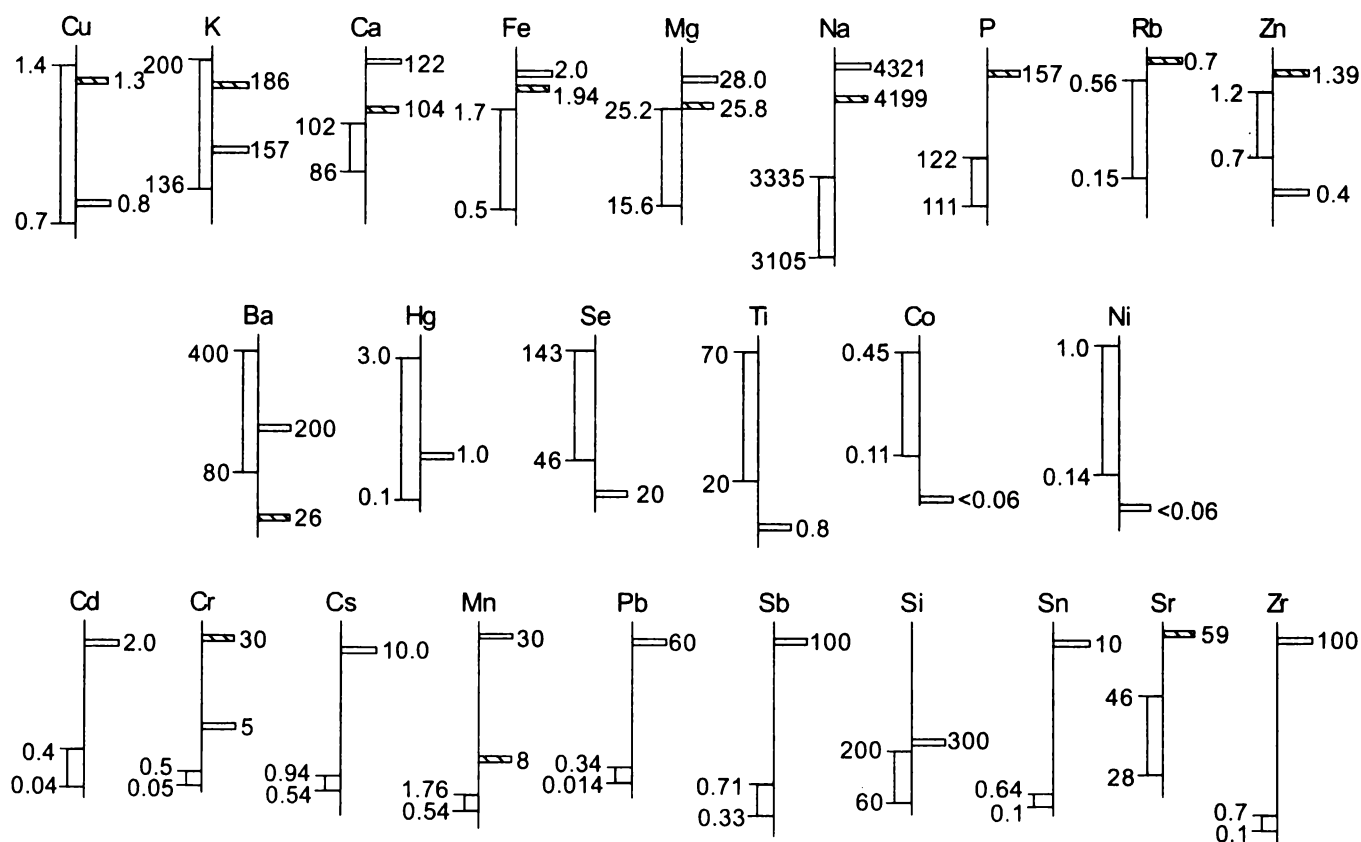


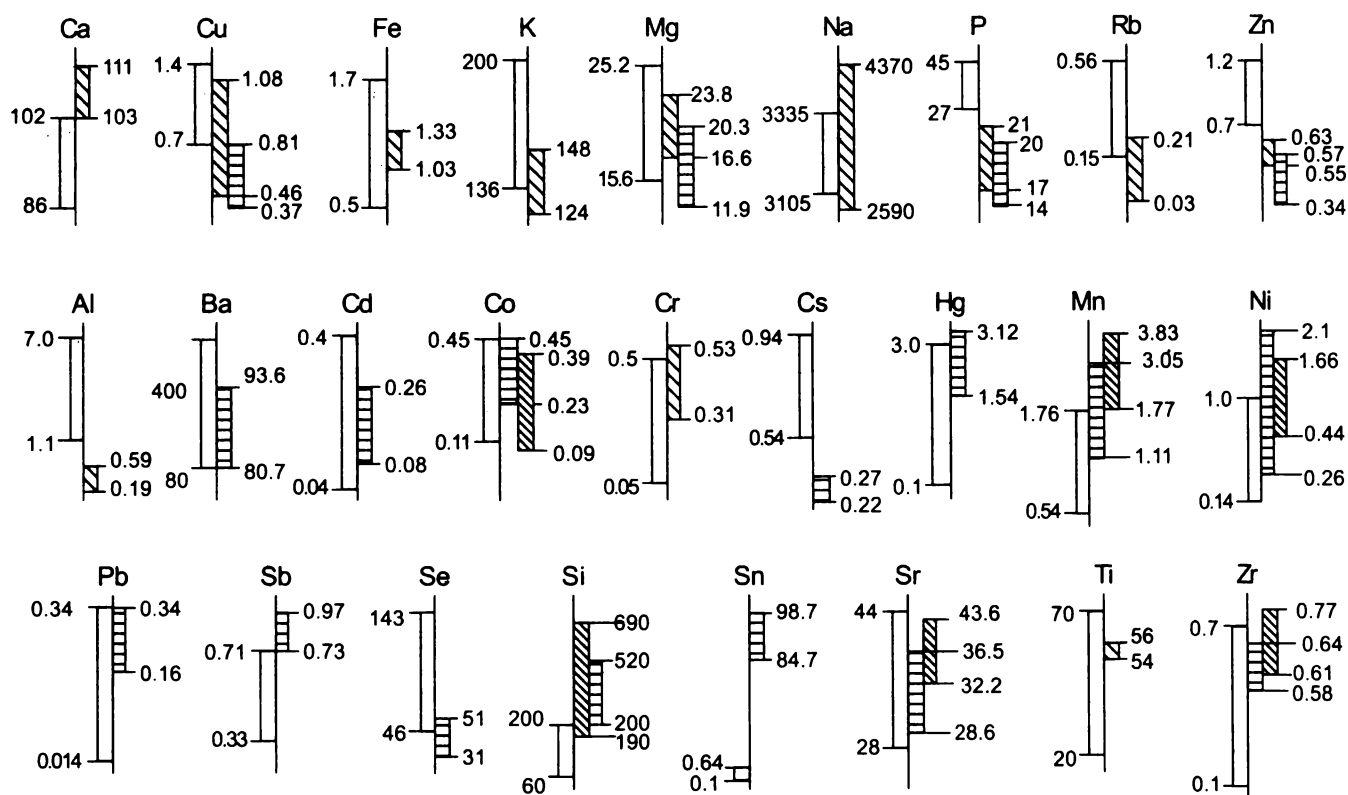
Рис. 3. Содержание микроэлементов в одной пробе сыворотки крови, определенное методами МС-ИСП и АЭС-ИСП. Цифры справа – полученные значения. Незаштрихованная метка - масс-спектрометрия, заштрихованная метка - атомно-эмиссионная спектрометрия. Цифры слева – что и на рис. 2. Верхний ряд – содержание в мг/л, средний и нижний ряд – в мкг/л

В качестве первого варианта пробоподготовки использовали прием, описанный в различных

статьях: тщательное разложение органической матрицы концентрированной азотной кислотой.

Это позволило существенно улучшить результаты анализа по многим элементам. Для анализа использовали несколько проб сыворотки крови. В каждом случае проба представляла собой объединенную сыворотку, взятую у разных лиц. Это было сделано с целью проведения достаточного количества параллельных проб. Методом масс-спектрометрии было определено 19 элементов, в том числе кобальт и никель, методом атомно-

эмиссионной спектрометрии – 17. Общее число определяемых элементов при использовании двух способов спектрометрии составило 26. При этом только 6 элементов при первом варианте спектрометрии и 5 при втором были выше или ниже контрольных значений, но не в драматической разнице с нормой. В обоих случаях это были цинк, фосфор и марганец (рис. 4).



**Рис. 4.** Содержание микроэлементов в объединенной сыворотке крови, взятой у разных лиц, определенное методами МС-ИСП и АЭС-ИСП. Цифры справа – верхние и нижние получаемые значения. Горизонтальная штриховка – масс-спектрометрия, косая штриховка – атомно-эмиссионная спектрометрия. Цифры слева – что и на рис. 2. Верхний ряд – содержание в мг/л, средний и нижний ряд – в мкг/л

Следует отметить, что при использовании атомно-эмиссионной спектрометрии в случае натрия наряду с нормальными значениями регистрировались и не совместимые с жизнью цифры (существенно выше или ниже нормы), в случае калия как нормальные, так и патологически заниженные цифры. Таким образом, такая пробоподготовка оказалась недостаточной, а проблема достоверности анализа не до конца решенной.

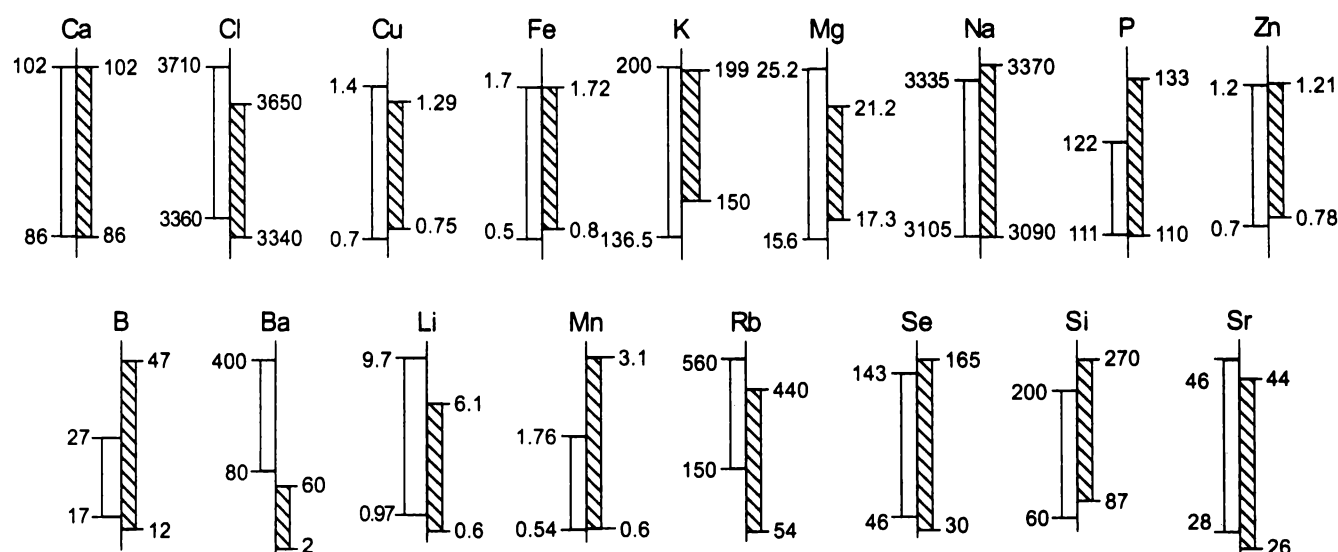
Следующий подход заключался в применении микроволнового разложения органической матрицы в комплексе с разложением азотной кислотой. Этот прием позволил существенно улучшить результаты анализа и приблизиться к нормативам по подавляющему большинству ис-

следованных элементов, концентрации которых в сыворотке крови составляют миллиграммы в миллилитре. Однако для некоторых элементов, концентрации которых составляют микрограммы в миллилитре, остается та же тенденция: либо превышение нормы, либо более низкие значения (рис. 5). Однако при этом следует иметь в виду, что сами нормативы не являются достаточно установленными.

Таким образом, несмотря на различные методические приемы определения неорганических элементов (от колориметрического до нейтронно-активационного анализа), до сих пор нет удовлетворительного метода, позволяющего проводить одновременный анализ максимально большого числа элементов в сыворотке крови челове-

ка. Метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой – наиболее вероятный кандидат для такого анализа. Несмотря на определенные достижения в его развитии в различных лабораториях, остается нерешенным до конца ряд проблем. Это - чувствительность и

точность метода и сопряженные с этим селективность, минимизация влияния фона, учет взаимодействия микроэлементов в пробе, оптимизация пробоподготовки, чистота реактивов, наличие сыворотки со стандартным содержанием отдельных элементов.



**Рис. 5.** Содержание микроэлементов в сыворотке крови различных лиц, определенное методом индуктивно связанной плазмы с атомно-эмиссионной спектрометрией. Верхний ряд – содержание в мг/л, нижний ряд - в мкг/л. Обозначения те же, что и на рис. 4

Кроме того, ряд обстоятельств объективно препятствует тому, чтобы полученные результаты анализа стали применимы в клинической практике. Это обусловлено 1. Отсутствием обстоятельных обзорных монографий (последняя была издана в 1991 году [1]). В связи с этим необходима инвентаризация накопленных знаний по отдельным элементам. 2. Недостаточностью физиологических и биохимических знаний. 3. Отсутстви-

ем системного подхода в изучении микроэлементов. На это обстоятельство обратили внимание также Н.А.Агаджанян и А.В.Скальный [17]. 4. Условностью нормативов многих неорганических элементов. 5. Отсутствием алгоритмов в деятельности врача.

Только решив эти вопросы можно рассчитывать на то, что проблема определения микроэлементов в сыворотке крови человека будет разрешена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П. Микроэлементозы человека / А.П.Авцын, А.А.Жаворонков, М.А.Риш, Л.С.Строчкова. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Войнар А.О. Микроэлементы в живой природе. М.: Высшая школа, 1962. 94 с.
3. Ковальский В.В. Современные направления и задачи биогеохимии // Биологическая роль микроэлементов / Под ред. В.В. Ковальского и И.Е.Воротниковой. М., Наука. 1983. С. 3-17.
4. Коломийцева М.Г. Микроэлементы в медицине / М.Г.Коломийцева, Р.Д.Габович. М.: Медицина, 1970. 288 с.
5. Венчиков А.И. Биотики. Ашхабад: Ылым, 1978. 279 с.
6. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 2001. 376 с.
7. Вернадский В.И. Живое вещество. М.:Наука, 1978. 357 с.
8. Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря. М.: Наука, 2001. 620 с.
9. Уильямс Д. Металлы жизни. М.: Мир, 1975. 236 с.
10. Клиническая оценка лабораторных тестов. Пер. с англ. / Под ред. Н.У. Тица. М.: Юнимед-пресс, 2003. 942 с.
11. Клиническая оценка лабораторных тестов. Пер. с англ. / Под ред. Н.У.Тица. М.: Медицина, 1986. 432 с.
12. Серебрянский Е.П. Комплексный подход к элементному анализу волос с использованием методов ИСП-АС и ИСП-МС / Е.П.Серебрянский, А.В.Скальный, О.Ю.Чечеватова и др. // Микроэлементы в медицине. 2003. Т.4, № 1. С.41–46.
13. Протасова О.В. Изменение макро- и микроэлементного баланса в сыворотке крови, ее ультраfiltrате и волосах в отдаленные сроки после воздействия малых доз ионизирующей радиации / О.В.Протасова



ва, И.А.Максимова, В.Ю.Чепрасов и др. // Известия АН. Серия биологическая. 2001. № 4. С.412-418.

14. Krachler M. Clinical laboratory parameters in osteoarthritic knee-joint effusions correlated to trace element concentrations / M. Krachler, W.Domej // Biol. Trace Elem. Res. 2001. V.79, № 2. P.139-148.

15. Forrer R. Simultaneous measurement of the trace elements Al, As, B, Be, Cd, Co, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, and Zn in human serum and their reference ranges by ICP-MS / R.Forrer, K.Gautschi, H.Lutz // Biol. Trace Elem.

Res. 2001. V.80, № 1. P.77-93.

16. Muniz C.S. Reference values for trace and ultratrace elements in human serum determined by double-focusing ICP-MS / C.S.Muniz, J.L.Fernandez-Martin, J.M.Marchante-Gayon e.al. // Biol. Trace Elem. Res. 2001. V.82, № 1-3. P.259-272.

17. Агаджанян Н.А. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека / Н.А.Агаджанян, А.В.Скальный. М.: Издательство КМК, 2001. 83 с.

\* \* \* \* \*

# TO PROBLEM OF TRACE ELEMENT ASSAY IN HUMAN BLOOD SERUM

V.I.Fedorov

*The author proposes the classification of chemical elements based on physiological and biochemical knowledge. The author discusses an acceptability of using of X-ray fluorescence analysis and inductively coupled plasma-mass and atomic emission spectrometry for a creation of satisfactory method of assay. Such method must permit to determine maximal possible quantity of chemical elements in blood serum for single analytical procedure.*

## От редакции

Статья известного физиолога посвящена проблеме поиска методов определения элементного состава сыворотки крови человека, что имеет большое значение при исследовании процессов минерального обмена в организме. Автором проведена большая работа по привлечению для решения поставленной задачи разнообразных аналитических методов, и, на наш взгляд, естественным является вывод о перспективности применения одновременного определения большого числа элементов методами атомно-эмиссионного и масс-спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой в качестве генератора аналитического сигнала. Однако полученные на основе этих методов, а также при использовании рентгеноспектрального анализа, удручающие результаты определения большого числа элементов в сыворотке крови свидетельствуют не об ограниченности примененных методов, а лишь о том, что в настоящее время отсутствуют МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА данного объекта - документированные совокупности операций и правил, вы-

полнение которых обеспечивает получение результата анализа вещества с установленными характеристиками погрешности или неопределенностью (ГОСТ Р 52361-2005). Их создание и метрологическое обеспечение – отдельная многогранная и, учитывая огромный перечень определяемых элементов и зачастую низкий диапазон измеряемых содержаний, очень трудная задача, решение которой под силу только весьма квалифицированным и заинтересованным лабораториям.

Нельзя согласиться с автором о сомнительности результатов получаемых т.н. «рутинными» методами, в частности колориметрии. Действительно, в подавляющем большинстве клинических лабораторий нашей страны используют эти, перечисленные автором, методы анализа, в том числе и сыворотки крови, правда на ограниченное число элементов и в ограниченном диапазоне концентраций. Однако они решают важные диагностические задачи, имеют хорошо отработанные и аттестованные методики выполнения измерений и дают правильные результаты.